

Eksamen TFY4163 Bølgefysikk og fluidmekanikk S2021

1 Fisketur

Du sitter og fisker med dupp fra en båt som er ankret opp.

Bølgene som går forbi båten har vertikalt utslag y gitt av

$$y(x, t) = (3.75 \text{ cm}) \cos((3.75 \text{ cm}^{-1})x + (5.4 \text{ s}^{-1})t) \quad (1)$$

Hvor lang tid tar det for én periode av bølgemønsteret å passere duppen?

Med hvilken hastighet beveger bølgetoppene seg?

Hva er den høyeste hastigheten til duppen som beveger seg opp og ned med bølgene (anta at duppen har kun vertikal bevegelse)?

2 Tog

Du står på en togstasjon hvor et tog passerer med konstant fart mens det blåser i fløyte. Du hører en *kontinuerlig* reduksjon i frekvensen på lyden fra fløyta fra toget kommer mot deg til det går fra deg. Hvorfor hører du denne kontinuerlig reduksjonen i frekvensen?

3 Bølge på streng

En streng med lengde 75.0 cm og masse 16.5 g er spent opp med en justerbar snorkraft. En bølge med bølgelengde 3.0 cm propagerer på strengen. Hva må snorkraft være for at et punkt på strengen da skal svinge med 875 svingninger per sekund.

4 Lydstyrke

En lydkilde sender ut en lydbølge homogent i alle retninger. I et punkt A, 3.0 m fra kilden, blir lydstyrken målt til 53 dB.

Hva er intensiteten (W/m^2) til lyden i dette punktet?

Hvor langt må vi bevege oss fra A før intensiteten har falt til en fjerdedel av det den var i A?

Hvor langt må vi bevege oss fra kilden før lydstyrken har falt til en fjerdedel av det den var i A (altså at lydstyrken har blitt 53/4 dB)?

5 Panfløyte

En panfløyte består av rør med ulike lengder som er åpne i begge ender. Tonen man får fra hvert rør bestemmes av lengden på rørene.

Hvor langt må et rør i en panfløyte være for å at det skal gi tonen A (440 Hz)?

6 Strømningsfunksjonen

Hvilke fysiske betingelser må vi ha for å at vi kan definere en strømningsfunksjon ψ ? Uttrykk disse betingelsene matematisk om mulig.

7 Strømningsfunksjonen II

Søk opp uttrykket for curl til et vektorfelt \mathbf{f} , $\nabla \times \mathbf{f}$ i sylindriske koordinater (siter kilde).

Anta at vi har to-dimensjonal strømning $\mathbf{v}(r, \phi) = (v_r(r, \phi), v_\phi(r, \phi), 0)$ i et inkompressibelt fluid, uttrykt i sylindriske koordinater

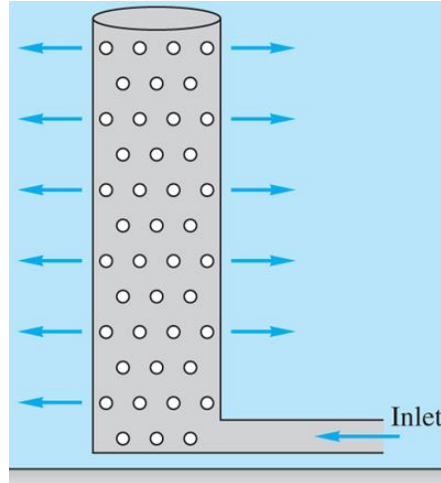


Figure 1: Oppgave 8

Bruk dette til å vise at relasjonen mellom strømningsfunksjonen ψ og hastighetsfeltet \mathbf{v} for et to-dimensjonal hastighetsfelt $\mathbf{v}(r, \phi)$ i sylindriske koordinater er

$$\begin{aligned} v_r &= \frac{1}{r} \partial_\theta \psi \\ v_\theta &= -\partial_r \psi \end{aligned} \quad (19)$$

8 Strømningsfunksjonen III

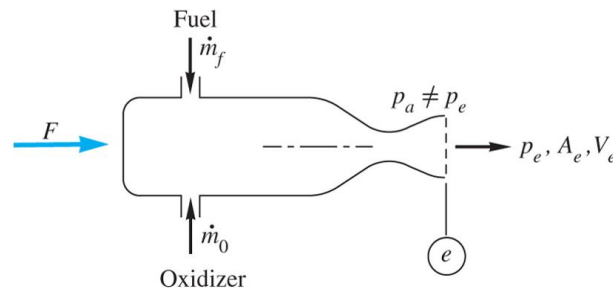
Anta at vi har et perforert rør som vist i figur 1 som slipper ut kjølevann fra et kraftverk. Røret har en lengde $L = 8.0$ m og diameter $d = 55$ cm og er perforerte med mange små hull som slipper ut kjølevannet.

Vi modellerer dette som en linjekilde (tilnærmet 2D strømming med ingen variasjon langs kilden.). Vi lar z -aksen i et sylindrisk koordinatsystem ligge langs røret. Strømningsfunksjonen for en slik kilde er gitt av $\psi = m\theta$, hvor m kalles *styrken* på kilden.

Gitt at vi har en volumstrøm $Q = 20$ L/s inn i røret, hva blir styrken m til kilden?

9 Transportteoremet

Vi har en rakettmotor som er festet til en testrigg slik at motoren holdes fast. Motoren holdes fast med en kraft F fra riggen (se figur). Eksosgassen strømmer ut med supersonisk hastighet V_e slik at trykket p_e ved utgangen e er $p_e > p_a$, hvor p_a er atmosfæretrykket. Tverrsnittsarealet til utgangen er A_e . Tettheten til eksosgassen ved utgangen er ρ_e . Uttrykk F med de oppgitte variablene (Hint: Bruk transportteoremet).



10 Strømningsfelt

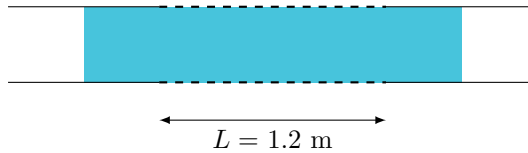
Et inkompressibelt fluid er begrenset av to uendelig store parallelle flater i xz -planet. Avstanden mellom

platen er h . Den øverste flaten beveger seg i positiv x -retning med en hastighet U_0 og vi antar at fluidet kun strømmer i x -retning. Vi antar heftbetingelser ved alle overflater. I væsken er det kun en trykkgradient, $\partial_x p = A > 0$ i x -retning. Vi ser bort fra gravitasjon og antar en stasjonær tilstand.

La $y = 0$ ved den nederst platen som er i ro. Bestem y -verdien til det planet (i tillegg til $y = 0$) hvor hastigheten til fluidet er lik null (dersom det eksisterer).

11 Perforet rør

En inkompressibel væske strømmer gjennom et rør som er 8 cm i diameter. I et 1.2 m langt segment av røret er det en perforert del hvor det strømmer væske ut av røret med en uniform gjennomsnittlig hastighet på 15 cm/s (altså gjennomsnittlig over hele segmentets areal, ikke bare hullenes areal). Dersom gjennomsnittlig hastighet til fluidet er 12 m/s ved begynnelsen av det perforerte området, hva er den ved utgangen av det perforerte området?



12 Potensialstrømning

Gitt strømningsfeltet

$$\begin{aligned} v_x &= U_0 \left(1 + \frac{x}{L}\right) \\ v_y &= -U_0 \frac{y}{L} \end{aligned} \tag{37}$$

Bestem hastighetspotensialet til dette strømningsfeltet.

Bonusoppgave: Skisser hastighetspotensialet for $L = 0.5$ m og $U_0 = 1 \text{ m s}^{-1}$ og ulike verdier av ϕ (Bruk gjerne et dataverktøy for dette).